

RAUTATIESILLAN SIIRTOMENETELMÄ

Väinö Väisänen
Opinnäytetyö (AMK)
Syksy 2024
Rakennusalan työnjohdon tutkinto-ohjelma
Oulun ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu
Rakennusalan työnjohdon tutkinto-ohjelma

Tekijä: Väinö Väisänen
Opinnäytetyön otsikko: Rautatiesillan siirtomenetelmä
Työn ohjaaja: Jarmo Erho
Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: Syksy 2024
Sivumäärä: 32

Opinnäytetyössä tarkastellaan Suomen rautatiesiltojen nykytilannetta ja niiden kehitystä lähivuosilta. Merkittävä osa rautatiesilloista on rakennettu 1960–1990-luvuilla, minkä seurauksena vahva ikääntyminen näkyy siltojen korjaus- ja uusimistarpeina lähitulevaisuudessa. Lisääntyneiden korjaus- ja uusimistarpeiden seurauksena työssä käydään läpi kaikki Väyläviraston hyväksymät rakennusmenetelmät sekä tarkastellaan yhden menetelmän käyttöä Kellon alikulkusillan uusimisessa.

Työn tavoitteena oli esitellä siirtomenetelmä Kellon alikulkusillalla ja kertoa sen toimivuudesta. Työn aineistona käytettiin ohjejulkaisuja ja standardeja sekä omia kokemuksia ja materiaaleja. Omia kokemuksia kerättiin kesätöiden 2024 aikana. Tutkimuksessa keskityttiin erityisesti siirtomenetelmään, jossa uusi silta rakennettiin valmiiksi nykyisen sillan viereen ja sen paikoilleen siirtämiseen.

Työssä tutkittiin Case Kellon alikulkusillan uusiminen. Siinä käydään läpi siirtotyön suunnittelua, ennen siirtoa tapahtuvia työvaiheita sekä siirtokatkon aikaisia työvaiheita. Työn tuloksena syntyi tietopaketti siirtomenetelmän käytöstä Case-työmaalla, jossa kerrotaan rakentamisvaiheiden standardit ja menetelmän toimivuus kyseisellä työmaalla.

ABSTRACT

Oulu University of Applied Sciences
Degree Program in construction management

Author: Väinö Väisänen

Title of thesis: Railway bridge relocation method

Supervisor: Jarmo Erho

Term and year when the thesis was submitted: Autumn 2024

Number of pages: e.g. 32

The thesis examined the current state and recent developments of railway bridges in Finland. Most of these bridges were constructed between the 1960s and 1990s, leading to an increase in maintenance needs due to aging structures and growing traffic loads. The study outlines approved railway bridge construction methods by the Väylävirasto, with particular emphasis on the railway bridge relocation method. This method involves constructing a new bridge adjacent to the existing one and then moving it into place using hydraulic jacks, minimizing traffic disruptions and making it an effective approach for modern railway bridge replacement projects.

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ	2
ABSTRACT	3
SISÄLLYS	4
SANASTO	6
1. JOHDANTO	7
2. RAUTATIESILTOJEN NYKYTILANNE SUOMESSA.....	8
2.1 Rautatiesiltojen kunnan kehittyminen	8
2.2 Rautatiesiltojen korjaustarpeet	9
3. RAKENTAMISMENETELMÄT	11
3.1 Väistöraidemenetelmä.....	12
3.2 Apusiltamenetelmä	12
3.3 Siirtomenetelmä	13
3.4 Menetelmien nykytilanne	13
4. KELLON ALIKULKUSILLAN UUSIMISEN LÄHTÖTIEDOT	15
5. CASE KELLON ALIKULKUSILLAN UUSIMINEN	17
5.1 Siirtokatkon suunnittelu ja resursointi	17
5.2 Merkittävät työvaiheet ennen siirtokatkoa.....	18
5.1.1 Sähköistyksien muuttaminen ja alustavat purkutyöt	18
5.1.2 Paalutustyöt ja manttelien valaminen	18
5.1.3 Siirtoratojen ja uuden sillan rakentaminen.....	20
5.1.4 Päälysrakenteen betonointi	20
5.1.6 Eristäminen ja suojabetonointi.....	21
5.1.7 Laakerien asentaminen	22
5.2 Liikennekatkon työvaiheet	23
5.2.1 Sähköistyksien ja radan purkaminen	23
5.2.2 Vanhan sillan siirtäminen.....	24
5.2.3 Siirtoratojen viimeistely ja uuden sillan siirtäminen.....	24
5.2.4 Taustojen täyttäminen, siirtymälaattojen asentaminen sekä eristys- ja välikerroksen rakentaminen	25
5.2.5 Radan rakentaminen ja sähköistyksien palauttaminen.....	27
5.2.6 Vanhan sillan purkaminen	27

5.3 Siirtotyön yhteenveto	28
6. POHDINTA	30
LÄHTEET	31

SANASTO

Siirtorata	Rakennelma, jota pitkin silta siirretään
Siirtopalkki	Vahvistettu I-palkki, jota pitkin tunkit liikkuvat vaakasuunnassa
Nostotunkki	Hydraulinen tunkki, joka toimii pystysuunnassa
Vetotunkki	Hydraulinen tunkki, joka toimii vaakasuunnassa (vetää)
Työntötunkki	Hydraulinen tunkki, joka toimii vaakasuunnassa (työntää)
Pelkka	150x200 mm puutukki
Katko	Junaliikenteen tilapäinen keskeytys
KKHt	Hydraulinen tela-alustainen kaivinkone
KKHp	Hydraulinen pyöräalustainen kaivinkone2
KUP	Pyöräkuormaaja
Tärylevy	Työnnettävä maantiivistäjä
Jyrä	Ajettava maantiivistäjä
Pulveroija	Hydraulinen purkutyökalu kaivinkoneisiin
Maadoitus	Estää vikatilanteessa kosketusjännitteen esiintymisen jännitteelle alttiissa materiaalissa

1. JOHDANTO

Opinnäytetyö käsittelee Suomen rautatiesiltojen kunnan kehittymistä sekä niiden korjaus- ja uusimistarpeita. Työssä keskitytään pääsääntöisesti sivustasiirtomenetelmän käyttöön, mutta siinä kerrotaan myös muut Väyläviraston hyväksymät rakennusmenetelmät. Case Kellon alikulkusillan uusinnassa kerrotaan työvaiheittain, kuinka sillan siirtäminen tapahtuu käytännössä.

Työ on toteutettu yhteistyössä Destia Oy:n kanssa, jossa olin kesätoisissa vuonna 2024. Työssä käytetään omia kokemuksia ja materiaaleja, joita keräsin töiden aikana. Tänä aikana pääsin näkemään kaikki siirtokatkoa edeltävät sekä siirtokatkon aikaiset työt.

Case Kellon alikulkusillan uusiminen käsittelee ennen siirtoa olevat merkittävimmät työvaiheet, siirtokatkon sekä yhteenvedon siirtotyöstä. Työssä kerrotaan teknisiä tietoja rakentamisen eri vaiheista, jotka ovat kerätty infrarakentamisen standardeista. Lisäksi työssä käydään läpi mahdollisia parannuskeinoja, joita kyseisessä projektissa ilmeni.

2. RAUTATIESILTOJEN NYKYTILANNE SUOMESSA

Suomessa Väyläviraston omistamia rautatiesiltoja on vuonna 2023 ollut yhteensä 2484 kappaletta. Silloista 2378 kappaletta on varsinaisia siltoja ja 106 kappaletta putkisiltoja. Varsinaisien rautatiesiltojen rakennusmateriaaleina toimivat teräsbetoni, jännitetty betoni, teräs ja kivi. Ylivoimaisesti yleisin rakennusmateriaali on näistä teräsbetoni. Putkisiltojen yleisin materiaali on teräs, mutta muutamia tapauksia on missä putkisilta on valmistettu muovista tai teräsbetonista. (Väylävirasto 2024, 108–110.)

2.1 Rautatiesiltojen kunnan kehittyminen

Suomen rautatiesiltoja on alettu rakentamaan voimakkaasti 1960-luvulla ja niiden vahva rakentaminen jatkui aina 1990-luvulle asti. Vielä 2000-luvulla siltoja rakennettiin huomattavasti, mutta suurentuneen korjaustarpeen takia uusien rakentaminen alkoi hidastumaan. Siltojen suunniteltu käyttöikä on yleensä 100 vuotta, mutta rakenneosien korjaustarpeet esiintyvät jo ennen 50 vuotta. Siltojen vahvan ikääntymisen seurauksena korjaustarve on kasvanut huomattavasti ja lähitulevaisuudessa yhä useampi silta tulee korjata tai uusia. (Väylävirasto 2024, 12.)

Taulukossa 1 esitetään rautatiesiltojen määrät rakennusvuosittain ja niiden kunnan jakauma. Taulukosta huomaa siltojen ikärakenteen ja sen, kuinka yhä useampi vanhan sillan kuntoluokka on tyydyttävä tai huono.

TAULUKKO 1. Rautatiesiltojen määrä ja kuntojakauma rakennusvuosina. (Väylävirasto 2024, 125)

Valmistumisvuosi	1	2	3	4	5	Ei tietoa	Yhteensä
< 1950	7	43	145	115	2		312
1950–1959	2	22	79	86			189
1960–1969		36	123	151			310
1970–1979	2	15	98	183			298
1980–1989		6	86	253	4		349
1990–1999	1	13	72	271	2		359
2000–2009		1	30	241	27	2	301
2010–2019		1	18	180	84	3	286
2020–2023			3	39	18	18	78
Ei tietoa				2			2
Yhteensä	12	137	654	1 521	137	23	2 484

5 = Erittäin hyvä, 4 = Hyvä, 3 = Tyydyttävä, 2 = Huono, 1 = Erittäin huono

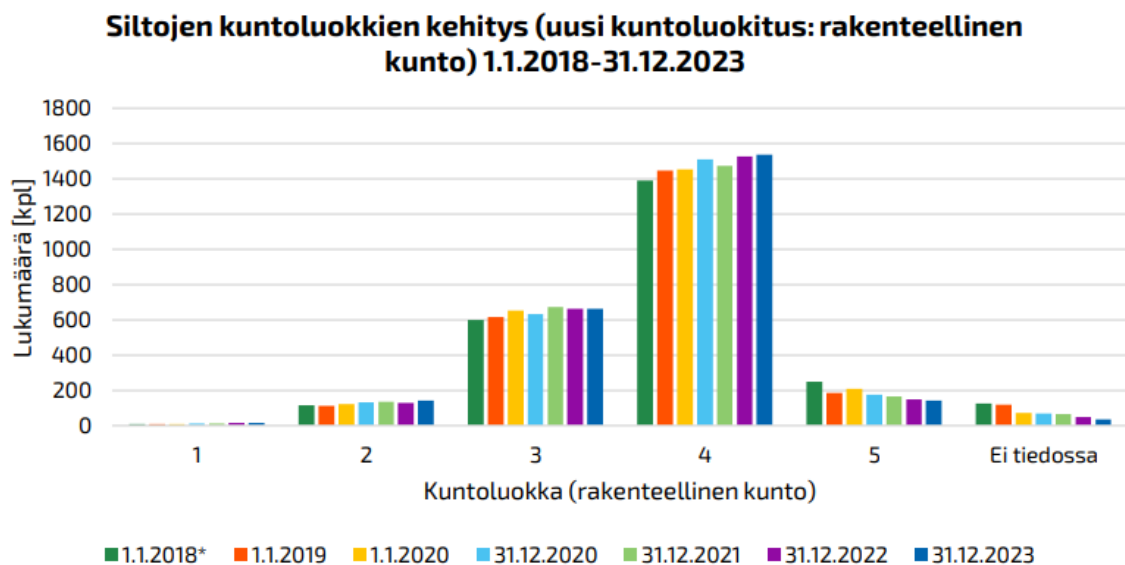
2.2 Rautatiesiltojen korjaustarpeet

Rautatiesiltoja seurataan säännöllisesti Väyläviraston tekemien vuosi- (VT) ja yleistarkastuksien (YT) avulla. Heikompikuntoisille silloille tehdään lisäksi laajennettuja yleistarkastuksia (LYT) ja erikoistarkastuksia (ET). Näiden tarkastuksien perusteella voidaan tehdä päätös siitä, riittääkö kevyemmät korjaukset vai uusi-taanko silta kokonaan. (Väylävirasto 2023, 26.)

Hoitoa ja ylläpitokorjauksia suoritetaan silloille, joiden kuntoluokka (KL) on tyydyttävä tai parempi (KL 3–5). Hoidolla varmistetaan sillan jokapäiväinen toimivuus ja ennaltaehkäistään vaurioiden syntymistä. Ylläpitokorjauksilla tehdään nopeita pieniä korjauksia. Tällä korjauksella ei muuteta sillan rakenteellista toimivuutta vaan korjataan yksittäisiä puutteita tai vaurioita. (Väylävirasto 2023, 27–28.)

Peruskorjauksia ja sen yhteydessä tehtäviä parannuksia sekä uusimisia tehdään silloille, joiden kuntoluokka on huono tai erittäin huono (KL 1 ja 2). Peruskorjauksia voidaan tehdä silloille, joiden kuntoluokka on hyvä, jos se on elinkaaritaloudellisesti kannattavaa. Sillan uusimisia suoritetaan silloin, kun sillan korjaaminen ei ole enää kannattavaa tai sen korjauksien kustannukset ovat kaksi kolmasosaa uuden sillan rakentamisesta. (Väylävirasto 2023, 28–29.)

Rautatiesiltojen kunto on alkanut heikentyä viime vuosina, mihin vaikuttavat lisääntyneet liikennemäärät ja raskaampien ajoneuvojen käyttö (Väylävirasto 2022a). Kuvassa 1 on esitetty siltojen kunnan kehitys lähivuosina: erinomaisessa kunnossa olevien siltojen määrä on vähentynyt, mikä on siirtänyt osan silloista hyväkuntoisten luokkaan. Myös tyydyttävässä kunnossa olevien siltojen määrä on kasvanut hieman, ja niiden määrän odotetaan voivan lisääntyä huomattavasti tulevaisuudessa. Sen sijaan huono- ja erittäin huonokuntoisten siltojen määrä on pysynyt melko samana. Siltojen heikentyvä kunto merkitsee lisääntyvää korjaus- ja uusimistarvetta lähitulevaisuudessa (Mannila 2023).



KUVA 1. Rautatiesiltojen kuntojakautaman kehitys lähivuosilta (Väylävirasto 2024, 143.)

3. RAKENTAMISMENETELMÄT

Rautatiesiltoja joudutaan yleensä rakentamaan junaliikenteen armoilla. Tämän seurauksena rautatiesiltojen rakentamistyylit eroavat maantiesiltojen rakentamisesta paljon. Useasti uusittavan rautatiesillan tulee olla käytettävissä tai helposti kierrettävissä junaliikenteellä, joten se tuottaa haasteita rakentamisessa. Vaikka työolosuhteet ovat haastavat, työmenetelmät ja suunnitelmat on valittava siten, että siltarakenteiden ja niihin liittyvien maarakenteiden laatu vastaa normaaleissa olosuhteissa toteutettavaa rakentamista. (Väylävirasto 2019a, 21)

Lisäksi kaikissa siltatyövaiheissa on varmistettava, että työt eivät vaikuta väylällä kulkevaan liikenteeseen. Tämän seurauksena kaikki väylän liikenteeseen vaikuttavat työt pyritään suorittamaan ratatyökatkossa ja työvaiheiden riskit pyritään minimoimaan siten, että ne eivät vaaranna liikennettä millään tavalla. (Väylävirasto 2019a, 21.)

Rakentamismenetelmää valitessa tulee huomioida kaikki menetelmiin vaikuttavat asiat. Menetelmä määrittää pitkälti sen, kuinka kustannustehokasta rakentaminen on. Menetelmää valittaessa tulee ottaa huomioon mm. seuraavat asiat: ympäristön pohjaolosuhteet, junaliikenteen määrät ja töistä aiheutuvat haitat liikenteelle ja vuodenaika. Lisäksi rakentamiseen vaikuttaa siirrettävät rakenteet. Näitä ovat esimerkiksi tilapäiset rakenteet ja sähköistysten sekä turvalaitteiden muuttaminen (Väylävirasto 2019a, 7, 21)

Lisäksi menetelmää valittaessa tulee huomioida mahdollisesti siirrettäviä rakenteita. Nämä voivat nostaa projektin kustannuksia merkittävästi, jolloin kyseisen menetelmän valitseminen ei ole kannattavaa. Kyseisiä rakenteita voivat olla esimerkiksi tilapäiset rakenteet, joihin kuuluu väistöraiteet, siirtoradat ja työnaikaiset tuennat sekä sähköistysten- ja turvalaitteiden muuttaminen. (Väylävirasto 2019a, 23.)

3.1 Väistöraidemenetelmä

Väistöraidemenetelmässä nykyisen radan viereen rakennetaan kiertotie rataliikenteelle tai kyseinen silta voidaan kiertää olemassa olevia raiteita pitkin (Väyläviraston ohjeita 30/2019, 21). Tästä syystä työt eivät vaikuta rataliikenteeseen ja väylän käyttäminen on turvallista. Väistöraidetta pystytään hyödyntämään silloin, kun rautatiesillan vieressä on riittävästi tilaa. Esimerkiksi kaarteissa väistöraiteen tulee olla riittävän loiva, jotta se ei vaaranna rautatieliikennettä.

Väistöraidemenetelmän rakentaminen saattaa tuottaa useita ongelmia. Isoimpana syynä menetelmä vaatii todella paljon tilaa sillan viereen, jolloin sen toteuttaminen on hankalampaa kuin muiden menetelmien käyttö. Lisäksi väistöraidemenetelmässä voi olla korkeat kustannukset. Kustannuksia nostaa etenkin se, jos raiteet ovat sähköisiä ja sähköistystä joudutaan muuttamaan uudelle väistöraiteelle. Myös pengermateriaali nostaa kustannuksien määrää, jos niitä ei saada työmaalta muista kaivannoista. (Väylävirasto 2022b.)

3.2 Apusiltamenetelmä

Apusiltamenetelmässä rakennetaan väliaikainen silta raiteiden alle, jotta uusi silta pystytään rakentamaan niiden alapuolella. Apusilta tulee olla tarpeeksi korkealla, jotta sen alapuolella voidaan rakentaa uutta siltaa. Apusillan päädyt tuetaan yleensä maanvaraisesti pelkoista tehtyihin torneihin. Pidemmissä aukkoväleissä apusiltaan joudutaan tekemään välituet, jotka ovat yleensä porapaaluja. Apusilta voidaan nostaa paikoilleen palasina tai kokonaisena elementtinä. Tämä tapahtuu yleensä lyhyissä rata- ja jännitekatkoissa, jolloin työn tulee olla hyvin suunniteltua ja resursseja tulee olla tarpeeksi. (Liikennevirasto 2015, 6, 19–20.)

Apusiltamenetelmä on varteenotettava keino esimerkiksi ratapihoilla. Siellä nopeuden ovat pienempiä jo valmiiksi, joten nopeusrajoitukset eivät vaikuta menetelmän toimivuuteen. Lisäksi menetelmä sopii hyvin ahtaisiin tiloihin, koska se ei tarvitse paljoa tilaa sivuilla. Apusillan pituus tulee ottaa huomioon menetelmää

valittaessa. Apusillan pituus tuottaa ongelmia pidemmissä silloissa, jolloin välitukia joudutaan tekemään. Tämän takia kustannukset voivat nousta huomattavasti, eikä menetelmä ole kustannustehokasta. (Wuorenjuuri 2021, 12–15.)

3.3 Siirtomenetelmä

Siirtomenetelmässä uusi silta rakennetaan valmiiksi nykyisen sillan viereen. Tämän jälkeen silta liikutetaan paikoilleen siirtoratoja pitkin siirtokatkossa, jolloin rakennustöiden vaikutus liikenteeseen on pieni ja liikennettä vaarantavat työt tehdään lyhyemmissä junaliikenne katkoissa. Siirtoradat voidaan rakentaa valmiiksi ennen sillan siirtämistä tai siirtokatkon aikana. Siirtomenetelmässä käytetään nosto- sekä veto- tai työntötunkkeja, jotka liikuttavat siltaa siirtopalkkia pitkin. Menetelmä sopii hyvin moniaukkoisille ja painaville silloille, koska siirtoratojen lukumäärää pystytään lisäämään sillan painon ja pituuden mukaan. (Väylävirasto 2019a, 21)

Siirtomenetelmä on tällä hetkellä yleisin sillan siirtoihin käytettävä menetelmä. Siirtomenetelmän yksi suurimmista eduista on sen alhaiset kustannukset muihin menetelmiin verrattuna. Lisäksi siirtomenetelmä sopii hyvin sähköistetyille raitteille, koska menetelmää käyttäessä sähköistysmuutoksia ei tarvitse tehdä raitteille. Siirtomenetelmä vaatii sillan viereen vain uuden sillan leveyden, jotta se on mahdollista toteuttaa.

3.4 Menetelmien nykytilanne

Nykyäänä siirtomenetelmä on kaikista yleisin. Siirtomenetelmän kustannustehokkuus on syrjäyttänyt muiden menetelmien käytön lähes kokonaan. Rataosuuksien sähköistäminen on tehnyt sen, että väistöraidemenetelmän käyttö on lähes aina kalliimpaa kuin muiden menetelmien käyttö. Lisäksi tilanpuute vaikuttaa suuresti menetelmän käyttöön. Myös apusiltojen kanssa on suuria ongelmia

sillan pituuden ja ajonopeuksien kanssa, joten siirtomenetelmä on kaikista tehokkain keino rautatiesiltojen rakentamisessa. Siirtomenetelmän suurin etu on työn vähäinen haitta rautatieliikenteelle. Lisäksi sen kustannukset ovat vain noin 10–15 % väistöraidemenetelmästä, joten se on paljon kustannustehokkaampi. (Väylävirasto 2019b, 6.)

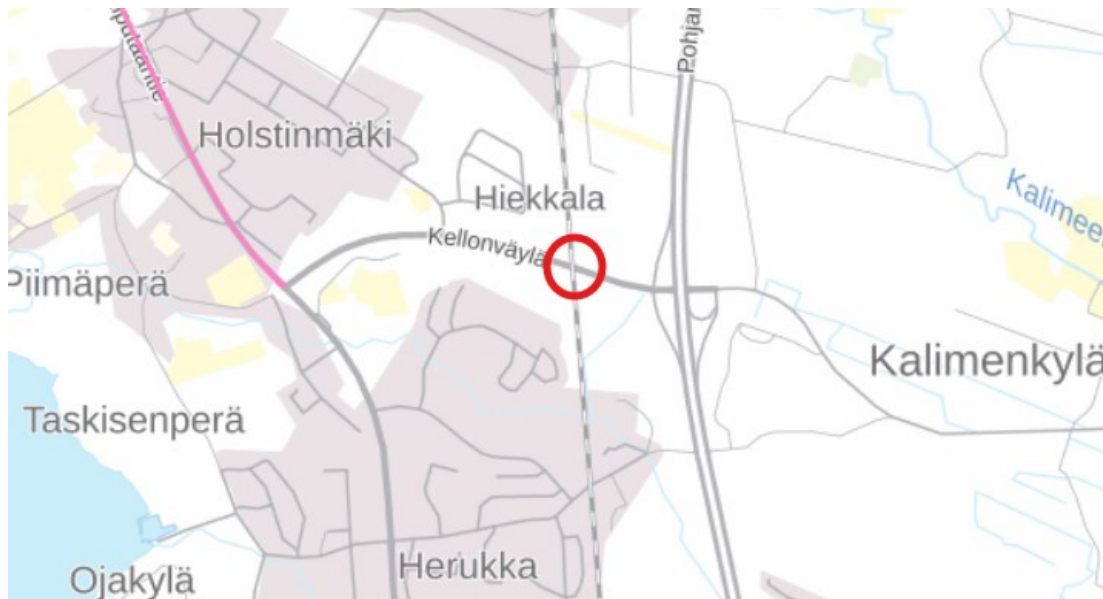
4. KELLON ALIKULKUSILLAN UUSIMISEN LÄHTÖTIEDOT

Kellon alikulkusillan uusiminen kuuluu isompaan Väyläviraston tilaamaan Oulu-Laurila- ja Tuomioja-Raahe-perusparannushankkeeseen. Uusi silta rakennetaan 2024 kesän ja syksyn aikana ja urakan toteutusmuoto on kokonaisurakka (KU). Alikulkusilta sijaitsee Oulun Kellossa ja sen ylittää yksi raide ja alittaa kaksikais-tainen Kellonväylä. Se sijaitsee rataosuudella 765 km+ 200 m.

Vanha alikulkusilta on rakennettu vuonna 1981 ja on tyypiltään teräsbetoninen jatkuva laattasilta. Silta on kolmiaukkoinen, joten sillä on kaksi teräsbetonista pi-laria. Sen jännemitat ovat 12,2 m +15,3 m +12,2 m ja hyötyleveys 6 m. Sillalle on tehty vuonna 2017 erikoistarkastus, jonka perusteella silta on päätetty uusaa tur-vallisuuden ja sujuvuuden kannalta.

Uuden sillan tyyppi on jännitetty betoninen jatkuva kaukalopalkkisilta. Sillan jän-nemitat ovat (1,75 m) +14 m +18 m +14 m +(1,75 m) ja hyötyleveys 8,3 m. Sen kokonaispituus on 56,6 m.

Alikulkusilta rakennetaan siirtomenetelmällä. Uuden sillan kansi valetaan vanhan viereen valmiiksi ja siirretään lopullisesti paikalleen 48 tunnin junaliikennekat-kossa. Ennen katkoa tehdään paalutustyöt ja rakennetaan paalujen manttelit, jotka suoritetaan lyhyemmissä 24 tunnin liikennekatkoissa.



KUVA 2. Kellon alikulkusillan paikka (sijainti: 65°06'33"N 25°25'44"E)

5. CASE KELLON ALIKULKUSILLAN UUSIMINEN

5.1 Siirtokatkon suunnittelu ja resursointi

Suunnittelu ja resursointi on siirtokatkon merkittävin työ. Työvaiheiden suunnittelu aloitettiin aliurakoitsijoiden kanssa hyvissä ajoin. Junaliikenteen katko on kyseisellä projektilla 48 tuntia ja ajoväylä on suljettuna 96 tuntia. Ajoväylä suljettiin kuusi tuntia ennen junaliikenteen katkoa ja se jatkui vielä 42 tuntia siirron jälkeen. Juna- ja autoliikenteen tulee olla palautettu näissä ajoissa, joten työn pitää olla tarkasti suunniteltua ja resursseja tulee olla riittävästi.

Liikennekatkoon osallistuu erillisiä aliurakoitsijoita. Töitä suunnitellaan heidän kanssaan ennen liikennekatkoa ja käydään läpi työn kulkua. Erillisten aliurakoitsijoiden yhteensovittaminen pitää suunnitella tarkasti. Esimerkiksi yhtä aikaa tapahtuvien töiden tulee olla suunniteltua siten, että työt ovat turvallista toteuttaa samaan aikaan ja kaikki tietävät mitä tapahtuu. Kommunikaation tulee olla hyvä eri urakoitsijoiden välillä.

Työmaa-alueen käyttösuunnitelma tuli laatia ennen katkoa. Suunnitelmassa tarkastellaan säilöttävien materiaalien paikat, jotta ne eivät ole minkään työvaiheen edessä. Myös koneiden paikkoja tarkasteltiin kartalla katkon eri vaiheissa, jotta yhdessä työkohteessa mahdollistaan työskentelemään.

Koneita ja laitteita tuli olla työmaalla tarpeeksi katkon ajaksi. Kaivinkoneita varattiin työmaalle sen perusteella, että kuinka montaa työtä joudutaan suorittamaan yhtäaikaaisesti. Lisäksi käytössä olevilla koneilla tuli olla varalla koneita ja varaosia, joita voidaan käyttää koneen rikkoutuessa. Kalustossa tuli arvioida kaikki mahdolliset ongelmat, joita katkossa oli mahdollista tapahtua. Esimerkiksi sähköjen katkeamisen varalle työmaalle tilattiin generaattoreita.

Siirtokatkon resurssit:

- 6 KKht
- 1 KUP
- 3 tärylevyä
- 2 jyrää
- 2 generaattoria
- 1 HIAB
- Ratakalusto (2 KKht, 2 KKHp, 1 KUP, tukemiskone, kurottaja)
- Käsityökalut, valaistukset

5.2 Merkittävät työvaiheet ennen siirtokatkoa

5.1.1 Sähköistyksien muuttaminen ja alustavat purkutyöt

Ensimmäisiä työvaiheita työmaalla oli sähköistyksien muuttaminen ja sillan purkaminen tarvittavilta osin. Työvaiheisiin kuuluu vastajohdon tiputtaminen ratapylväistä sillan kannelle ja sen suojaaminen, päätyjen ja rataakseliväiden tukeminen larssen-ponttiseinillä sekä siipimuurien ja kannen purkaminen uusien paalutuksien edestä. Sillan kannesta leikattiin timanttisahalla reunaa pois tarvittavilta osin ja siipimuurien päädyt poistettiin, jotta paalutuskoneen puomi mahtui uusien paalujen kohdalle.

5.1.2 Paalutustyöt ja manttelien valaminen

Kellon alikulkusilta perustettiin yhteensä kahdeksalle tuelle. Kussakin tuessa ensimmäisenä asennettiin porapaalut, joiden halkaisija on 914 mm. Tämän jälkeen porapaalujen sisään asennettiin teräsbetoniset lyöntipaalut, joiden halkaisija on 711 mm ja niiden väli betonoitiin IT-betonilla. Siltapaikka sijaitsee heikon kallion päällä, joten lyöntipaaluille jouduttiin poraamaan esireiät. Esireikien on tarkoitus

mahdollistaa lyöntipaalaus. Paalujen jälkeen lyöntipaalujen sisään asennettiin valmiit raudoitteet ja ne valettiin IT-betonilla.

Paaluja asentaessa tulee huomioida toleranssit. Paalujen tulee upota kallioon tietyn verran. Paalujen kantavuus varmistetaan PDA-mittauksilla, joita tehdään lyöntipaaluja asentaessa. Lisäksi sijaintitoleranssi ja kaltevuuden poikkeama tulee varmistaa paalutuksissa. Porapaalutuksessa sijaintitoleranssi on ± 25 mm ja lyöntipaalutuksessa ± 100 mm. Kaltevuuden poikkeama porapaalutuksessa on ± 15 mm/m ja lyöntipaalutuksessa ± 20 mm/m. Toleranssit mitataan mittamies.



KUVA 3. Pora- ja lyöntipaalu välituella

Paalujen asentamisen jälkeen näkyvän osan ympärille valettiin manttelit. Manttelien muotit rakennettiin valmiiksi elementeiksi ja nostettiin paalun ympärille. Tämän jälkeen muotin sisään asennetaan valmis raudoite ja ne betonoitiin. Manttelien tarkoitus on suojata ja vahvistaa paaluja sekä parantaa niiden ulkonäköä. Manttelit upotetaan vähintään 0,5 m maanpinnan alapuolelle. (Väylävirasto 2019c.)

5.1.3 Siirtoratojen ja uuden sillan rakentaminen

Kellon alikulkusillan siirtoradat koostuvat pelkkapedistä, HEB300 ja -400 palkista, siirtopalkista ja kelkoista. Siirtoradan palkit reevattiin toisiinsa kulma-raudoilla, jotta ne pysyvät tukevasti pystyssä. Vanhan sillan siirtoon riittää kaksi siirtorataa välituilla. Uuden sillan siirtoon vaadittiin kuitenkin neljä erillistä siirtorataa, koska uusi silta painaa enemmän. Siirtoradat rakennetaan niin valmiiksi kuin mahdollista ennen siirtokatkoa.

Siirtoratojen rakentamisen yhteydessä sillan muotti ja telinetyöt olivat aloitettu. Muotit ja telineet rakennettiin puusta, joten niiden tulee olla tarpeeksi vahvat kestääkseen sillan valamisen. Sillan muotin pinta rakennettiin siirtoratojen ympärille, jotta siirtokatossa uusi silta voitiin suoraan liikuttaa paikoilleen.

5.1.4 Päällysrakenteen betonointi

Päällysrakenteen betonoinnissa käytettiin pakkasenkestävää C45/55–3 betonia. Betonin kova lujuus on suunniteltu kestämään liikenteestä aiheutuvat kuormitukset sekä sääolosuhteet. Betonin korkealla lujuusluokalla pyritään vaikuttamaan sen kestävyteen ja käyttöikään. Päällysrakenteeseen meni vajaa 400 kuutiota betonia. Tärkeä osa betonoimista on massan tiivistäminen. Tiivistäminen tapahtui suurtaajuussauvoilla. Betonin pinta hierrettiin valamisen jälkeen lautas- ja käsihiertimillä. Välittömästi hierron jälkeen betoniin lisättiin jälkihoitoaine ja suojaukset.

Betonoinnin yhteydessä betonista mitattiin ilmamäärät ja otettiin koekappaleet, joille tehtiin puristuskokeet. Mittauksien ja kokeiden tarkoituksena on varmistaa betonin laatu ja kestävyys, jotta ne täyttävät suunnitellussa asetetut vaatimukset. Lisäksi lämmönkehitystä seurattiin valamisen jälkeen mittareilla, jotka asennettiin ennen valamista kaukalopalkkeihin. Liian korkealla lämpötilalla on negatiivinen vaikutus lujuuden kehittymiseen ja pitkäaikaiskestävyyteen. (InfraRyl 42020.3.5.3)

5.1.6 Eristäminen ja suojabetonointi

Sillan kansi eristettiin CE-merkityllä kumibitumikermillä. Kermit kiinnitettiin betoniin kuumalla kumibitumilla. Kumibitumi lämmitettiin pikipannussa, jossa sen lämpötilan tulee olla 180...210 °C. Kermit asennetaan sillan kannelle pituussuunnassa ja kermien tulee olla limitettyjä vähintään 100 mm. Aluksi pohjalle asennettiin aluskermi, jotka liimattiin betoniin kiinni. Aluskermien asentamisen jälkeen sen päälle liimattiin pintakermit. Kaukalopalkit ja maanvastaiset sisäpinnat siveltiin kumibitumilla kahteen kertaan. Valmiin eristyksen tulee olla vesitiivis sekä eristeen päälle ei saa muodostua lammikoita. (InfraRyl 42310.3.1.)



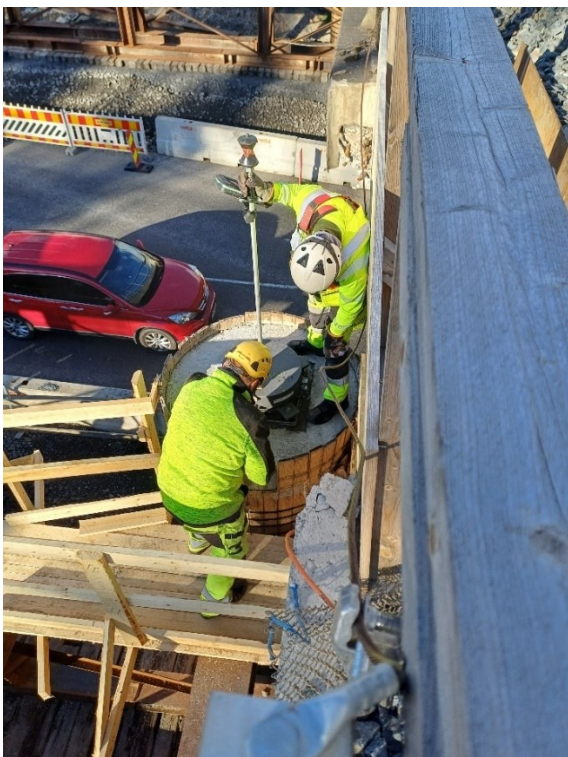
KUVA 4. Pohjakermit asennettu

Eristys suojattiin 50 mm paksulla suojabetonilla. Ennen betonointia kanteen asennettiin puulankut pintavesiputkien linjalle, jotta salaojat voitiin asentaa betonoinnin jälkeen. Betoni (C35-45-3) tulee olla pakkasenkestävää. Betonin pinta tasoitettiin tärypalkilla. Laatan suurin sallittu poikkeama on +10 mm tai -5 mm sen suunnitellusta paksuudesta (InfraRyl 42320.1.2).

5.1.7 Laakerien asentaminen

Sillalle asennettiin kalottilaakerit. Laakerit erottavat kannen ja pilarit toisistaan ja mahdollistavat sillan kannen liikkumisen, joita sääolosuhteet ja kuormitusvaihtelu aiheuttavat. Laakereiden asentamisessa on tarkat toleranssit, jotka mittamies varmistaa asentamisen aikana.

Laakereiden ala- ja ylälaatan kaltevuuserot tulee olla SFS-EN-1337 standardin mukainen. Sillan poikkisuunnassa laakereiden vaakasuuntainen toleranssi on ± 20 mm ja pituussuunnassa $\pm 0,05$ % x jännemitta (InfraRyl 42520.3.2). Laakerin alusvalu tulee suorittaa SILKO-hyväksytyllä betonipohjaisella juotosbetonilla tai IT-betonilla (InfraRyl 42520.3.3).



KUVA 5. Laakereiden asentaminen

5.2 Liikennekatkon työvaiheet

5.2.1 Sähköistysten ja radan purkaminen

Liikennekatkon ensimmäisiä töitä oli ratatyöluupien ottaminen sekä jännitekatkon tekeminen. Jännitekatkon jälkeen aliurakoitsija aloitti sähköistysten purkamisen. Sähköistys purettiin tarvittavilta osin, mutta esimerkiksi ajolangat jätettiin radan yläpuolelle.

Tämän jälkeen sama aliurakoitsija jatkoi radan purkamisella. Radalta poistettiin ensimmäisenä kiskot, jotka katkaistiin ennalta määrätystä kohdasta ja vedettiin radan sivulle. Kiskojen poistamisen jälkeen vanhat ratapölkkyt poistettiin ja vietiin pois työmaalta. Radan purkamisen jälkeen vanhan sillan sepelit poistettiin kanalta ja kansi putsattiin.



KUVA 6. Vanhan sillan raidesepelien poisto

5.2.2 Vanhan sillan siirtäminen

Vanhan sillan siirtäminen aloitettiin ensimmäisellä nostolla. Noston tarkoituksena on saada vanhan sillan kansi pilareiden yläpuolelle, jotta silta voidaan siirtää. Silta oli tilaajan suunnitelmissa tarkoitus purkaa paikoilleen, mutta tiukan siirtoaikataulun takia silta siirretään edestä ja purku tapahtuu rataosuuden vieressä. Nosto suoritettiin nostotunkeilla. Kun siltaa oli saatu nostettua tarpeeksi, sen alle asennettiin kelkat. Kelkkojen asennuksen jälkeen silta pystytettiin siirtämään n. 10 metrin matka. Siltaa vedettiin yhtäaikaaisesti kahdella vetotunkilla. Silta siirtyi yhdellä vedolla n. 0.5 metriä kerrallaan.

5.2.3 Siirtoratojen viimeistely ja uuden sillan siirtäminen

Vanhan sillan siirtämisen jälkeen sillan purkava aliurakoitsija pääsi purkamaan vanhan sillan maatuet pois päädyissä olevien siirtoratojen edestä. Siirtoradat rakennettiin samalla tavalla kuin muutkin. Siirtoradan alusta täytettiin kalliomurskeella (KaM 0–56) ja sen päälle asennettiin pelkkapedit. Pelkkapedin päälle nostettiin Heb400 palkeista koostuva tunkkauslohko. Tunkkauslohkon päälle asennettiin poikittain Heb300 palkkeja ja siirtopalkki. Siirtopalkki liitettiin aiempaan siirtopalkkiin hitsaamalla se kauttaaltaan täyteen ainevahvuuteen.

Siirtoratojen rakentamisen aikana tunkit siirrettiin uuden sillan lopulliselle paikalle. Lisäksi koneisto liitettiin vetotunkeista työntötunkeihin. Siirtoratojen valmistumisen ja tunkkien asentamisen jälkeen uutta siltaa alettiin työntämään. Uutta siltaa työnsi yhteensä neljä työntötunkkia samanaikaisesti. Työntötunkit toimivat samalla periaatteella kuin vetotunkit. Tunkit siirsivät siltaa n. 0.5 metriä yhdellä työntöllä ja työnnettävä matka oli n. 10 metriä. Mittamies oli siirron aikana mittamassa siltaa oikealle paikalle ja kertoi siirtokoneistoa ohjanneelle, kuinka paljon siltaa tulee siirtää. Siirtämisen jälkeen mittamies toteaa sillan olevan oikealla paikalla ja se laskettiin laakereilleen. Laakerit kiinnitettiin ylälaattoihin hitsaamalla ne suunnitelmien mukaisesti.



KUVA 7. Uuden sillan siirto käynnissä

5.2.4 Taustojen täyttäminen, siirtymälaattojen asentaminen sekä eristys- ja välikerroksen rakentaminen

Päätyjen täytöt aloitettiin sillan siirron jälkeen. Taustat täytettiin siirtymälaatan alapintaan asti routimattomalla kalliomurskeella (KaM 0–56). Täyttöjä tehdessä tulee huomioida, että täyttö ei vahingoita betonipintoja tai vedeneristystä. Murske tiivistetään maksimissaan 500 mm kerroksissa. Kerrokset kastellaan, jotta se tiivistyy kunnolla. Tiivistäminen tapahtuu tärylevyllä. (InfraRyl 42013.3.2)



KUVA 8. Taustan täyttäminen ja tiivistäminen.

Taustan ollessa täytettynä, aloitettiin siirtymälautojen (5 m) asentaminen. Siirtymälautoja tehtiin elementeiksi, jotta ne ovat nopea asentaa katkossa. Elementit asennettiin nostamalla ne ennalta määrättyihin kohtiin. Eristyksen yhteydessä päädyn yli jätettiin palat kermiä. Siirtymälautojen asentamisen jälkeen kermiä tai-tettiin siirtymälautojen päälle ja liimattiin kiinni kumibitumiliuoksella.

Siirtymälautojen päälle tehtävä eristys- ja välikerros rakennetaan kerroksittain. Kerrokset tiivistetään maksimissaan 500 mm kerroksissa jyrällä tai tärylevyllä. Tiiveys varmistetaan Proctor-kokeella. Eristys- ja välikerroksen yläpinnan korko saa olla ylöspäin + 0 mm ja alaspäin -30 mm sekä leveyden sisäänpäin +0 mm ja ulospäin – 50 mm (InfraRyl 21230.4)

5.2.5 Radan rakentaminen ja sähköistyksien palauttaminen

Radan rakentaminen aloitettiin pohjasepelöinnillä, jota oli ajettu jo valmiiksi työmaalle. Sepeli levitettiin kannelle kaivinkoneella. Sepelin levittämisen jälkeen ratapölkkyt asennettiin pölkynjakolaitteella mittamiehen merkitsemiin paikkoihin. Radan sivuun vedetyt kiskot asennettiin kiskonasennuskoneella pölkkyille ja kiskojen päädyt kiinnitettiin väliaikaisesti sidekiskopuristimilla. Kiskotuksen jälkeen loput sepelit levitettiin kannelle kiskokaivinkoneella. Lopuksi kiskot tuetaan suunniteltuun asemaan ja harjataan tuentakoneella.

Radan rakentamisen jälkeen sähköistykset palautettiin. Palauttaminen aloitettiin katkaistujen vasta- ja m-johtimien jatkamisella. Johtimet nostettiin takaisin ratapylväisiin. Viimeisenä radan työnä oli maadoitusten palauttaminen. Sillan kansi maadoitettiin muiden rakenteiden kanssa, jonka jälkeen kansi maadoitettiin päädyistä paluuvirtakiskoihin. Maadoituksessa käytettiin vähintään 10 mm terästä ja maadoitusjohdinta (50 mm²) (InfraRyl 42560.3.1).

5.2.6 Vanhan sillan purkaminen

Junaliikennekatkon loppupuolella aloitettiin vanhan sillan purkaminen. Vanhan sillan purkaminen tapahtui siirtoratojen päällä, mikä toi haasteita purkamisessa. Purkaminen aloitettiin reunojen kevennyksellä. Kevennyksien jälkeen siltaa alettiin purkamaan pituussuunnassa iskuvasaroilla. Kun siltaa oli kavennettu tarpeeksi, niin se katkaistiin pulveroijalla. Sillan loppu purkaminen tapahtui pulveroijalla ja purkusaksilla. Purkamisen aikana aliorakoitsija ajoi eroteltuja teräs- ja betonijätteitä pois työmaalta kuorma-autoilla. Purkutyöt jatkuivat junaliikenteen palauttamisen jälkeen ja jatkuivat pysäytetyn väyläliikenteen loppupuolelle.



KUVA 9. Vanhan sillan purkaminen iskuvasaralla

Purkutöiden aikana tuli kiinnittää tarkasti huomiota työturvallisuuteen ja radalla olevan liikenteen kanssa. Purettava silta tuli eristää muilta työntekijöiltä täysin, koska se tapahtui korkealla siirtoratojen päällä. Myös mahdollinen sortuma tuli ottaa huomioon, jotta se ei aiheuta henkilö- tai ainevaaraa. Lisäksi purkutöistä aiheutuva pölyäminen tuli torjua kastelemalla. Junaliikenteen ollessa palautettu purkutöitä jatkettiin turvamiehen ollessa paikalla. Työt keskeytettiin aina junien kulkiessa ohi. Turvamiesmenettely lopetettiin, kun purkutyöt eivät vaikuttaneet junaliikenteeseen.

5.3 Siirtotyön yhteenveto

Siirtotyö oli kokonaisuudessaan todella onnistunut. Siitä kertoo itsessään se, että työt saatiin suoritettua liikennekatkojen sisällä. Junaliikenteen palautus tapahtui ajoissa sekä ajorata saatiin avatuksi n. 12 tuntia ennen aikataulua. Ennen katkoa

tehdyssä liikennekatkon aikataulussa työt oli suunniteltu loppuvaksi juuri ennen junaliikennekatkon loppumista. Joihinkin työvaiheisiin oli laskettu useita tunteja enemmän aikaa, kuin todellisuudessa niihin tarvittiin. Lisäksi kaikkien osapuolten työt olivat hyvin suunniteltuja, joten työn suorittaminen tapahtui suunniteltua aikataulua paremmin ja nopeammin.

Siirtokatkon aikana ei tapahtunut suurempia ongelmia. Työt tapahtuivat rytmite-
tysti ja ajallansa. Koneissa ja niiden laitteissa ilmeni pieniä ongelmia ja rikkoutu-
misia, mutta hyvällä ennakkoinnilla ne pystyttiin korjata välittömästi ja ne eivät vai-
kuttanut töiden kulkuun mitenkään. Lisäksi työmaalla oli hieman ongelmia sähkön
saatavuuden kanssa, joten siirtokatkon loppupuolella jouduttiin turvautumaan ge-
neraattoreista saatavaan sähkөөn. Myös töiden turvallisuus onnistui erinomai-
sesti. Työmaalla ei tapahtunut yhtään henkilövahinkoja. Siirtokatkon alussa kaikki
työmaalle tulevat perehdytettiin ja sen kautta he tiesivät työvaiheet ja mahdolliset
riskit niiden aikana.

Siirtotyön yhteenvedona voisi sanoa, että siirtotyö tavoitti kaikki asetetut tavoit-
teet. Siirto tapahtui sallituissa ajoissa ja sen laadulliset kriteerit täyttyivät. Lisäksi
koordinoitu työ onnistui erinomaisesti kaikkien osapuolien välillä ja työtapatur-
milta sekä aineellisilta vahingoilta vältyttiin.

Case Kellon alikulkusillan uusimisessa löytyi kuitenkin kehityskohtia. Vanhan sil-
lan ollessa siirtoratojen päällä, sen purkaminen toi haasteita. Siirtoratojen päällä
sillan oli mahdollista päästä liikkumaan. Mahdollisia parannuskeinoja voisi olla
esimerkiksi siirtoratoja suunniteltaessa siirtoradan päähän tehtäisiin palkeista
jonkinlainen luiska, jota pitkin silta voitaisiin liu'uttaa alas hallitusti. Sillan purka-
minen maassa olisi todella paljon helpompaa sekä työturvallisuus paranisi. Toi-
nen vaihtoehto purkamiseen voisi olla sillan ankkurointi siirtoratoihin. Ankkurointi
estäisi sillan vapaan liikkumisen purkamisen aikana.

6. POHDINTA

Opinnäytetyössä käsiteltiin Suomen rautatiesiltojen nykytilanne ja kunnan kehittyminen sekä sen vaikutusta korjaus- ja uusimistarpeisiin. Työssä käsiteltiin myös Väyläviraston hyväksymät rakennusmenetelmät rautatiesilloille ja niiden vertailun keskenään. Työssä esitellään Kellon alikulkusillalla käytettyä siirtomenetelmää ja sen rakentamisen vaiheet. Case tapauksessa käydään läpi kaikki siirtoa edeltävät merkittävät työvaiheet sekä siirtokatko itsessään.

Työn tarkoituksena oli esitellä siirtomenetelmä kokonaisuudessaan alusta loppuun ja vertailla sitä muihin käytettyihin rakennusmenetelmiin. Työssä esitellyn Kellon alikulkusillan uusimisen työvaiheiden standardeja pystytään hyödyntämään myös tulevaisuudessa samankaltaisissa projekteissa.

Siirtomenetelmän käyttö Case-kohteessa oli onnistunut, joten kyseisen menetelmän hyödyntäminen tulevaisuudessa on kannattavaa. Onnistumiseen vaikutti työn tarkka suunnittelu sekä mahdollisten ongelmien kartoittaminen. Työssä käytiin myös läpi parannuskeinoja, joita huomattiin kyseisellä projektilla.

LÄHTEET

Liikennevirasto 2015. 20 m:n apusilta AS 20 1...4 ja 5...18, asennusohje. Liikenneviraston ohjeita 15/2015. Luettavissa: https://ava.vaylapilvi.fi/ava/Julkaisut/Liikennevirasto/lo_2015-15_20m_apusilta_web.pdf. Luettu: 2.10.2024.

Mannila, M 2023. Valtion siltojen korjausvelka nousi jo 340 miljoonaan euroon – ”Kunto on heikentynyt”. Rakennuslehti. Luettavissa: <https://www.rakennuslehti.fi/2023/11/valtion-siltojen-korjausvelka-nousi-jo-340-miljoonaan-euroon-kunto-on-heikentynyt/>. Luettu 12.10.2024.

InfraRyl 21230.4. Valmis ratarakenteen välikerros. Saatavissa: https://ryl.rakennustieto.fi/ryl/InfraRYL/2024_1/21230.html#id21230.4. Luettu: 27.9.2024.

InfraRyl 42000. Sillat. Saatavissa: https://ryl.rakennustieto.fi/ryl/InfraRYL/2024_1/42000.html. Luettu: 27.9.2024.

Väylävirasto 2019a. Ratatekniset ohjeet (RATO) osa 8. Väylävirasto. Väyläviraston ohjeita 30/2019. Luettavissa: https://ava.vaylapilvi.fi/ava/Julkaisut/Vaylavirasto/vo_2019-30_rato8_web.pdf. Luettu: 15.9.2024.

Väylävirasto 2019b. Luima – KEHITÄMME KARJALAN RATAA. Kuukausi tiedote 6/2019. Luettavissa: https://vayla.fi/documents/25230764/35412398/LUIMA_kuukausitiedote_6_2019.pdf/a2d60060-8832-4912-9622-0a5e9749a84f/LUIMA_kuukausitiedote_6_2019.pdf?t=1570092890083. Luettu: 18.10.2024.

Väylävirasto 2019c. Täydentäviä ohjeita sillan rakentamiseen. Väyläviraston ohjeita 9/2019. Luettavissa: https://ava.vaylapilvi.fi/ava/Julkaisut/Vaylavirasto/vo_2019-04_toss_web.pdf. Luettu: 31.10.2024.

Väylävirasto 2022a. Teräs ja betoni – siltarakentamisen dynaaminen duo. Luettavissa: <https://vayla.fi/-/teras-ja-betoni-siltarakentamisen-dynaaminen-duo>. Luettu 5.10.2024.

Väylävirasto 2022b. Luumäki-Imatra-ratahanke: Apusilta sillanrakentajien tukena. Luettavissa: <https://vayla.fi/-/luumaki-imatra-ratahanke-apusiltajono>. Luettu: 7.11.2024.

Väylävirasto 2023. Siltojen toimintalinjat. Väyläviraston julkaisuja 9/2023. Luettavissa: https://ava.vaylapilvi.fi/ava/Julkaisut/Vaylavirasto/vo_2023-9_siltojen_toimintalinjat_web.pdf. Luettu: 28.9.2024.

Väylävirasto 2024. Sillaston rakenne, palvelutaso ja kunto, Osa 1: Tiesillat, Osa 2 Rautatiesillat. Väyläviraston julkaisuja 67/2024. Luettavissa: <https://www.doria.fi/handle/10024/189869>. Luettu: 26.9.2025.

Wuorenjuuri, J 2021. Apusillat versio 4.0 – uusia mahdollisuuksia siltojen rakentamiseen, Rautatietekniikka, 4, s. 10–15. Luettavissa: https://bin.yhdistysavain.fi/1605615/TV1q9d455vFRybdoABga0WiRq9/Rautatietekniikka_4_2021_harva.pdf. Luettu: 28.10.2024.